



DEUTSCHES

PATENTAMT

By Express Mail

No. EL350349993US

- (21) Aktenzeichen: 195 13 678.0
 (22) Anmeldetag: 11. 4. 95
 (43) Offenlegungstag: 17. 10. 96

DE 195 13 678 A 1

(71) Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 60596 Frankfurt,
 DE

(72) Erfinder:

Ziegler, Johann, 74257 Untereisesheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
 in Betracht zu ziehende Druckschriften:

US 44 67 342
 WO 94 17 557 A1

HEIJNE, E.H.M., et.al.: First operation of a 72 k
 element hybrid silicon micropattern pixel detector
 array. In: Nuclear Instruments and Methods in
 Physics Research A 349, 1994, S.138-155;
 TSUYOSHI, HAYASHI: An Innovative Bonding
 Technique for Optical Chips Using Solder Bumps
 That Eliminate Chip Positioning Adjustments. In:
 IEEE Transactions On Components, Hybrids, And
 Manufacturing Technology, Vol.15, No.2, April 1992,
 S.225-230;

HIDEKI, TSUNETSUGU, et.al.: A New Packaging
 Technology Using Microsolder Bumps for
 High-Speed Photoreceivers. In: IEEE Transactions
 On Components, Hybrids, And Manufacturing
 Technology, Vol.15, No.4, Aug. 1992, S.578-582;

(54) Detektoranordnung

- (57) Für eine Detektoranordnung mit mindestens einer Elementzelle, insbesondere eine IR-Detektoranordnung, wird vorgeschlagen, die Elementzelle in einzelne Submodule auf einer gemeinsamen Trägerplatte zu unterteilen. Hierdurch können Degradationen oder Ausfälle von Detektorelementen aufgrund von mechanischen Spannungen, insbesondere bei starken Temperaturwechseln, vermieden werden. Durch senkrecht zur Trägerplatte überlappende Anordnung der Detektorsubstrate von in Zeilenrichtung aufeinanderfolgenden Submodulen kann bei Beibehaltung eines einheitlichen Rastermaßes über die gesamte Zeile ein ausreichender Abstand der Randelemente von der Substratkante eingehalten werden, so daß Pixelausfälle durch von der Substratkante ausgehende Versetzungen nicht auftreten.

DE 195 13 678 A 1

Die Erfindung betrifft eine Detektoranordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung ist insbesondere von Bedeutung für optische Detektorelemente und nachfolgend anhand des bevorzugten Anwendungsfalls zur Detektion von Infrarotstrahlung beschrieben, ohne auf diesen Strahlungsbereich beschränkt zu sein.

Zur Erderkennung und Erdbeobachtung aus dem Weltraum wird u. a. die Eigenstrahlung der nachzuweisenden Objekte im infraroten Wellenlängenbereich verwendet. Je nach gewünschtem Nachweis ist man aufgrund der Transmissionseigenschaften der Atmosphäre auf den Wellenlängenbereich von 3–5 μm bzw. 8–12 μm beschränkt bzw. auf charakteristische Absorptionsbanden, z. B. für den Nachweis von Gasen, im ähnlichen Wellenlängenbereich.

Von besonderer Bedeutung sind Detektoren mit einer Vielzahl von Detektorelementen, die in einer oder mehreren linearen Zeilen angeordnet sind.

Bei Raumtemperatur liefert das Eigenrauschen der Detektorelemente einen hohen evtl. sogar überwiegenden Anteil im Detektorausgangssignal. Die Detektoranordnungen werden daher für den Detektionsbetrieb abgekühlt, z. B. bis auf 77 K Betriebstemperatur.

Bei einem typischen hybriden Aufbau eines Detektormoduls, ist das Detektormaterial, z. B. HgCdTe, als epitaktische Schicht auf ein Substrat aus CdZnTe aufgewachsen und dieses Substrat ist z. B. durch Aufkleben oder insbesondere über Indium-Lötsäulen fest mit einem Silizium-Ausleseschaltkreis verbunden.

Durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Detektormodul, Indium und Si-Ausleseschaltkreis entstehen beim Abkühlen auf Betriebstemperatur im Hybridverbund Spannungen bzw. Dehnungen, die zu Detektordegradationen, im schlimmsten Fall zu Ablösungen führen können. Die Gefahr solcher Schäden wächst mit zunehmender Zeilenlänge schnell an.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Detektoranordnung anzugeben, die auch bei großer Zeilenlänge derartige Detektordegradationen zuverlässig vermeidet.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Durch die Aufteilung in Submodule können die mechanischen Spannungen innerhalb der einzelnen Submodule auf ein unschädliches Maß begrenzt werden, ohne daß die Gesamtlänge der Detektorzeilen eingeschränkt ist. Durch die Überlappung bleibt die insgesamt lineare Zeilenanordnung aus der Blickrichtung der einfallenden, zu detektierenden Strahlung erhalten. Unterschiede in der Detektorposition senkrecht zu der gemeinsamen Trägerplatte können vernachlässigbar gering gehalten oder optisch kompensiert werden. Die Überlappung ermöglicht insbesondere einen Abstand der Randelemente der Submodule zum Substratrand, der Elementschädigungen beim Vereinzeln der Submodul-Substrate aus einem Waferverband weitgehend ausschließt. Die Submodule sind vorzugsweise als hybride Gruppe, die die Detektorelemente und Ausleseschaltkreise enthält, ausgeführt und können dadurch vor dem Zusammenfügen zu der gesamten Detektoranordnung einzeln auf Elementausfälle überprüft werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von vorteilhaften Beispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen

noch eingehend veranschaulicht. Dabei zeigt

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem typischen hybriden Aufbau eines Detektormoduls.

Fig. 2 einen Randabschnitt eines Detektorsubstrats

Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel in Aufsicht und Querschnitt

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel in Aufsicht und Querschnitt.

Zur Herstellung eines in Fig. 1 skizzierten Detektormoduls wird in an sich bekannter Weise auf ein Substrat S, insbesondere ein einkristallines CdZnTe-Substrat, eine Schicht E aus Detektormaterial aufgewachsen. Die Schicht E ist beispielsweise epitaktisch aufgewachsenes p-leitendes HgCdTe. Durch die Ausbildung n-leitender Gebiete D auf oder z. B. durch Implantation in dieser Schicht werden p-n-Übergänge als für die zu detektierende IR-Strahlung empfindliche getrennte Detektorelemente (Pixel) mit einem gegenseitigen Abstand LD erzeugt. In einem getrennten Prozeß werden Ausleseschaltkreise (z. B. Multiplexer oder CCD) als monolithisch integrierte Schaltkreise in einem Schaltkreissubstrat R, insbesondere einem Si-Substrat hergestellt. Sowohl Detektorsubstrate S als auch Schaltkreissubstrate R werden jeweils zu mehreren in einem Waferverband hergestellt und danach vereinzelt. Für eine Anordnung mit Rückseitenbeleuchtung des Detektorsubstrats ist das Substrat S transparent für die zu detektierende Strahlung. Sowohl das Detektorsubstrat S als auch das Schaltkreissubstrat R sind mit strukturierten Kontaktmetallisierungen M und Isolations- und Separationsschichten I versehen. Auf Kontaktflächen des prozessierten Schaltkreissubstrats R werden Indium-Lotkugeln aufgebracht. Schaltkreissubstrat und Detektorsubstrat werden in Flip-Chip-Anordnung, d. h. mit einander zugewandten Kontaktmetallisierungen zusammengesetzt und in einem Lötprozeß, in welchem sich aus den Indium-Lotkugeln die Lotsäulen (Bumps) B zwischen gegenüberliegenden Kontaktflächen bilden, elektrisch und mechanisch verbunden. Die Hybridanordnung in Flip-Chip-Technik ermöglicht besonders hohe Pixelzahlen und -dichten in Rückseitenbeleuchtung.

Andere Hybridbauten für Rückseitenbeleuchtung sehen eine strukturiert metallisierte Verbindungsplatte vor, auf die sowohl das Detektorsubstrat als auch das Schaltkreissubstrat in Flip-chip-Technik aufgebracht sind. Für eine Hybridanordnung mit Vorderseitenbeleuchtung werden vorzugsweise Bondverbindungen zwischen Kontaktflächen des Schaltkreissubstrats und Kontaktflächen des Detektorsubstrats hergestellt.

In Fig. 2 ist die bevorzugte Ausbildung des Randbereichs eines Detektorsubstrats im Überlappungsbereich von Submodulen nach der Erfindung als Ausschnitt X skizziert. Die beim Vereinzeln der Detektorsubstrate aus dem Waferverband, z. B. durch Sägen entstehende Kante K in Zeilenrichtung weist gegen das randständige Detektorelement W einen Abstand LW auf, der größer ist als der halbe Abstand LD von in Zeilenrichtung benachbarten Detektorelementen, $LW > LD/2$.

Hierdurch kann zuverlässig vermieden werden, daß sich beim Vereinzeln und ggf. einer weiteren Kantenbearbeitung entstehende Kristalldefekte bis in den aktiven Bereich des p-n-Übergangs des Randelements V ausbreiten und zur Degradation oder zum Ausfall dieses Elements führen.

Durch die Überlappung aufeinanderfolgender Submodule kann dennoch das Rastermaß der Elemente über die gesamte Zeile konstant gehalten werden.

Der Abstand LW kann insbesondere auch größer sein

als der gegenseitige Elementabstand LD. Bei der Überlappung der Submodule ergibt sich dann durch den Randbereich eines bezüglich der Einfallsrichtung der Strahlung vorliegenden Submoduls eine teilweise oder vollständige Überdeckung des Randelements des dahinterliegenden Submoduls. Um eine Abschattung des überdeckten Randelements zu vermeiden, ist das transparente Substrat S des überdeckenden Submoduls im Überdeckungsbereich frei von dem für die zu detektierende Strahlung nicht oder nur eingeschränkt transparenten Detektormaterial und die Schicht E erstreckt sich nach dem Randelement W in Richtung der Submodulkante K des überdeckenden Detektorsubstrats nur über einen Abschnitt, der kürzer ist als der Elementabstand LD. Vorzugsweise wird das Detektormaterial einer ganz flächig aufgewachsenen Detektorschicht nach photolithographischer Maskierung in den Überdeckungsbereichen durch Ätzen entfernt.

Bei einer in Fig. 3 skizzierten ersten Ausführungsform sind in Zeilenrichtung Submodule N1, N2, N3 aufeinanderfolgend auf einer gemeinsamen Trägerplatte T angeordnet, wobei die aufeinanderfolgenden Submodule alternierend für Rückseitenbeleuchtung der Detektorsubstrate SR (N1, N3) oder Vorderseitenbeleuchtung des Detektorsubstrats SV (N2) ausgeführt sind. Die rückseitenbeleuchteten Detektorsubstrate SR sind in Flip-chip-Technik auf den zugeordneten Schaltkreissubstraten RR der Submodule angeordnet und über die Bumps B elektrisch und mechanisch mit diesen verbunden.

Das vorderseitenbeleuchtete Substrat SV des Submoduls N2 (und ggf. weiterer Submodule in alternierend fortgesetzter Submodulfolge) ist auf einem Zwischensubstrat ZV befestigt, wobei die Detektorschicht der Einfallsrichtung der Strahlung zugewandt ist. Ebenfalls auf dem Zwischensubstrat befestigt sind Schaltkreissubstrate RV. Die elektrische Verbindung der Detektorelemente mit den Ausleseschaltkreisen erfolgt über Bondverbindungen zwischen Kontaktflächen F auf Detektorsubstrat SV und Schaltkreissubstraten RV.

Die in Zeilenrichtung aufeinanderfolgenden Detektorsubstrate überlappen in ihren Randbereichen durch alternierende Anordnung in verschiedenen Abständen von der Trägerplatte. Die Abstände der randständigen Detektorelemente WO, WU zur jeweiligen Substratkante können daher ausreichend groß gemacht werden, um eine Degradation dieser Randelemente zu vermeiden. Die Randelemente WU des vorderseitenbelichteten Submoduls N2 können dabei durch die Randbereiche der Substrate SR der rückseitenbeleuchteten Submodule N1, N3 ganz oder teilweise überdeckt werden. In den Überdeckungsbereichen ist das Detektormaterial entfernt wie zu Fig. 2 beschrieben. Der durch die Dicke der Schaltkreissubstrate RR und die Höhe der Bumps B bestimmte Abstand zwischen Trägerplatte und rückseitenbeleuchteten Detektorsubstraten SR ist größer als die gesamte Dicke von Zwischensubstrat ZV und vorderseitenbeleuchtetem Detektorsubstrat SV. Erforderlichenfalls können weitere Zwischenlagen zum Höhenausgleich vorgesehen sein. Durch die unterschiedlichen Detektorelementebenen in den verschiedenen Modulen, insbesondere aber aufgrund des Brechungsindex des Detektorsubstratmaterials CdZnTe kann sich zwischen den einzelnen Submodulen eine nicht mehr vernachlässigbare Verschiebung der Fokalebene einer abbildenden optischen Anordnung ergeben. Zum Ausgleich dieser Einflüsse kann ein zusätzliches optisches Element eingesetzt werden, beispielsweise eine strahlungstransparente Platte P1 über dem vor-

derseitenbeleuchteten Modul N2 zwischen den Detektorsubstraten SR der rückseitenbeleuchteten Module N1, N3. Die Platte ist vorzugsweise aus einem Material mit einem gleichen oder einem ähnlichen Brechungsindex wie das Material CdZnTe der Detektorsubstrate SR. Das optische Ausgleichselement kann sich auch als einstückige Platte über die ganze Detektorzeilenlänge erstrecken und eine die Submodulfolge wiederholende Reliefstruktur besitzen. Mit dem optischen Element können auch durch die Überdeckung der Randelemente WU bewirkte Inhomogenitäten ausgeglichen werden.

Die in Fig. 4 skizzierte Ausführungsform sieht ausschließlich rückseitenbeleuchtete Submodule N1, N2 vor, wobei eine Überlappung der Detektorsubstrate SR aufeinanderfolgender Submodule durch alternierend unterschiedliche Abstände der Detektorsubstrate von der Trägerplatte T erreicht wird. Diese Anordnung ermöglicht den Einsatz gleichartiger Submodule in der vorteilhaften Flip-chip-Technik, wobei der erforderliche Abstandsunterschied durch alternierendes Anordnen der Submodule unmittelbar auf der Trägerplatte oder unter Einfügung eines Zwischensubstrats Z2 bzw. durch Einfügung von Zwischensubstraten unterschiedlicher Dicke erreicht werden kann.

Die unterschiedliche Lage der Fokalebene eines abbildenden optischen Systems für die verschiedenen Submodule kann wiederum durch ein optisches Element, beispielsweise eine sich über die ganze Zeilenlänge erstreckende in Dicke und Brechungsindex angepaßte transparente Platte P2 mit Reliefstruktur ausgeglichen werden, wobei gleichzeitig auch etwaige verfälschende Einflüsse der überdeckenden Substratränder kompensiert werden können.

Die für eine einzeilige Detektoranordnung angegebenen Beispiele und Überlegungen gelten in gleicher Weise für Detektorarrays für mehrere parallele Zeilen und matrizenförmigen Elementanordnungen. Die Metallisierungen für die Verbindung von Detektorelementen und Ausleseschaltkreisen sind in an sich bekannter Weise herstellbar und in Einzelheiten einfach an die jeweiligen Problemstellungen anpaßbar.

Patentansprüche

1. Detektoranordnung mit einer Vielzahl von in mindestens einer linearen Zeile auf einer Trägerplatte angeordneten Strahlungs-Detektorelementen, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung in Zeilenrichtung in mehrere Submodule unterteilt ist, die jeweils eine Mehrzahl von Detektorelementen auf einem Detektor-Substrat enthalten, und daß in Zeilenrichtung aufeinanderfolgende Detektor-Substrate alternierend in unterschiedlichen Abständen von der Trägerplatte angeordnet sind und in ihren Randbereichen überlappen.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Substrate senkrecht zur Ebene der Trägerplatte mindestens zwei verschiedene Strukturen und/oder Anordnungen vorgesehen sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, gekennzeichnet durch ein in Zeilenrichtung durchgehend einheitliches Rastermaß der Detektorelemente.
4. Anordnung nach einander Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Zeilenrichtung aufeinanderfolgende Substrate alternierend für Vorderseitenbeleuchtung und für Rückseitenbe-

leuchtung ausgeführt sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß alle Submodule für Rückseitenbeleuchtung ausgeführt sind.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jedes zweite Submodul unter Einfügung eines Zwischensubstrats auf der Trägerplatte angeordnet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch Einfügen von transparenten Platten zwischen alternierend gleich angeordnete Substrate.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch eine alle Submodule überdeckende transparente Platte, die als optisches Korrekturlement strukturiert ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

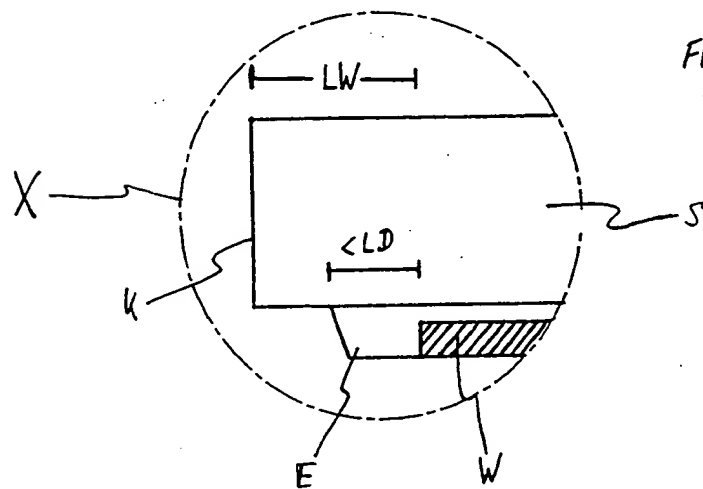
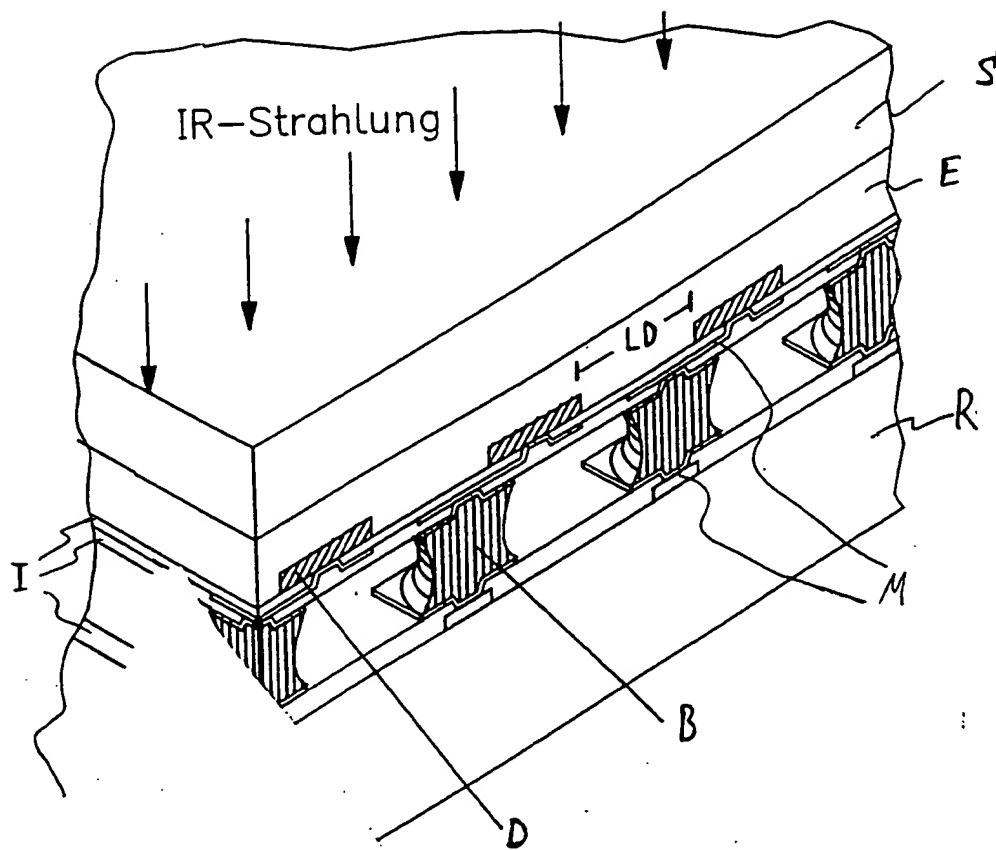
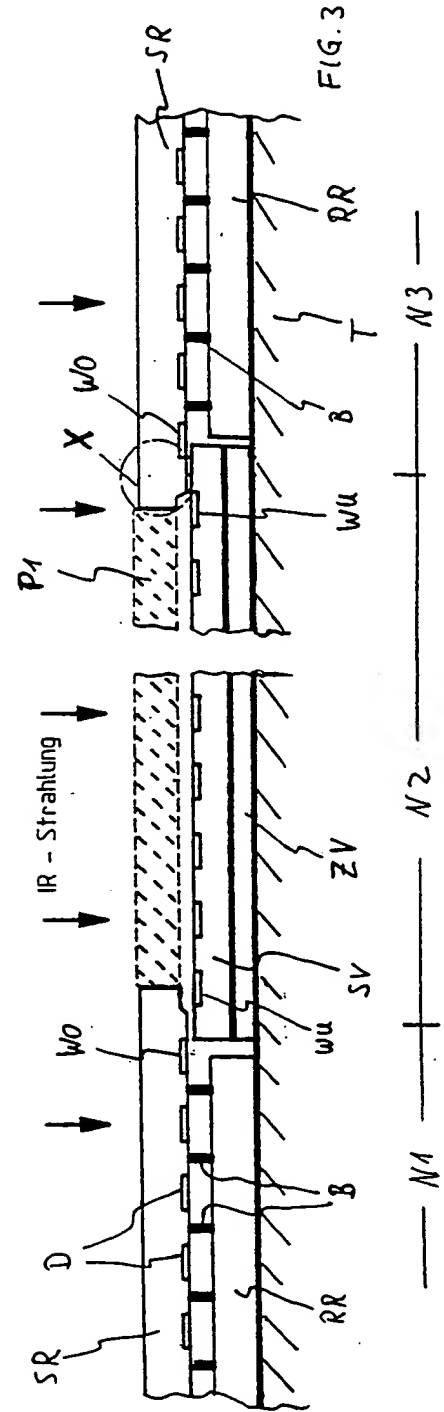
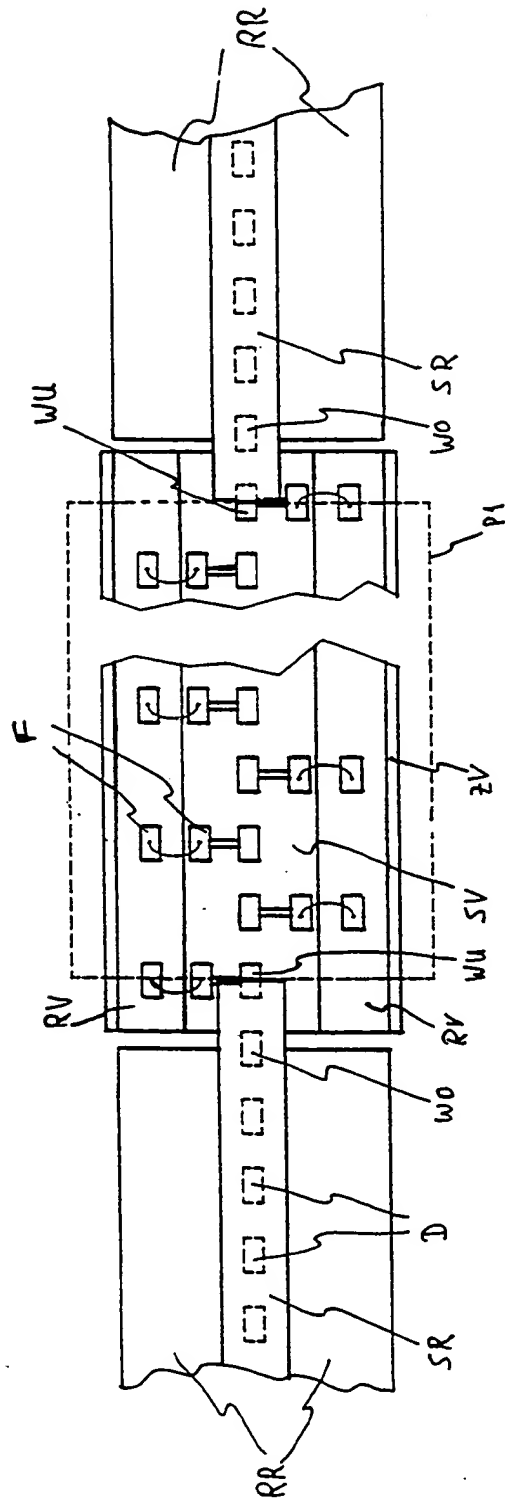
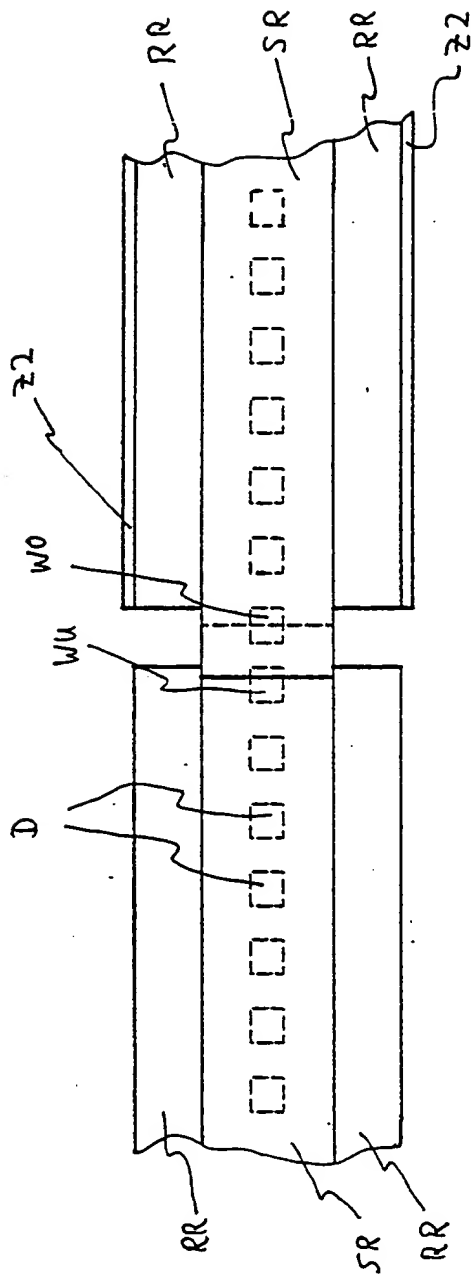


FIG. 1

FIG. 2





IR - Strahlung

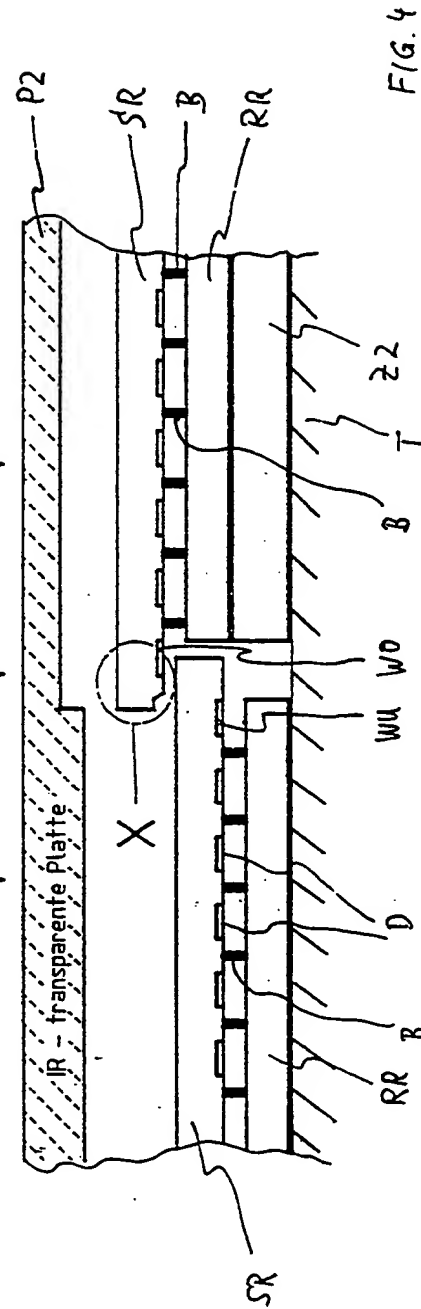


FIG. 4

N1 N2